



1c971 U.S. PTO  
09/813240  
03/20/01

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 14 650.3

**Anmeldetag:** 24. März 2000

**Anmelder/Inhaber:** Wacker Siltronic Gesellschaft für Halbleitermaterialien AG, Burghausen/DE

**Bezeichnung:** Halbleiterscheibe aus Silicium und Verfahren zur Herstellung der Halbleiterscheibe

**IPC:** C 30 B 29/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. November 2000  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Ebert

## Halbleiterscheibe aus Silicium und Verfahren zur Herstellung der Halbleiterscheibe

Gegenstand der Erfindung ist eine Halbleiterscheibe aus  
5 Silicium, die von einem Einkristall stammt, der nach der Czochralski-Methode (Cz-Methode) aus einer Schmelze gezogen wurde.

Ein solchermaßen gezogener Einkristall und eine davon  
10 abgetrennte Halbleiterscheibe weisen in der Regel Leerstellendefekte, sogenannte Voids, auf. Diese Agglomerate von Leerstellen stören bei der Herstellung von elektronischen Bauelementen. Es ist bekannt, daß durch Tempern der Halbleiterscheibe in einer reinen Wasserstoffatmosphäre bei  
15 einer Temperatur von mehr als 1100 °C die Defekte zumindest in einem oberflächennahen Bereich der Halbleiterscheibe aufgelöst werden können.

Gemäß Untersuchungen von E.Iino et al., die in Materials  
20 Science and Engineering B 36 (1996) 146 veröffentlicht worden sind, induziert die Gegenwart von Wasserstoff beim Ziehen des Einkristalls nach der Cz-Methode eine andere Defektart im Einkristall, sogenannte cavities, die den Einkristall als Grundmaterial zur Herstellung elektronischer Bauelemente sogar  
25 unbrauchbar macht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Probleme mit Leerstellendefekten weitgehend zu beseitigen.

30 Gegenstand der Erfindung ist eine Halbleiterscheibe aus Silicium, die mit Wasserstoff dotiert ist und eine Wasserstoff-Konzentration aufweist, die kleiner ist als  $5 \cdot 10^{16} \text{ atcm}^{-3}$ , vorzugsweise kleiner  $1 \cdot 10^{16}$  und besonders bevorzugt kleiner  $1 \cdot 10^{15} \text{ atcm}^{-3}$  und größer ist als  $1 \cdot 10^{12} \text{ atcm}^{-3}$ .

35

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zur Herstellung der Halbleiterscheibe durch Abtrennen der Halbleiterscheibe von einem Einkristall, wobei der Einkristall nach der Czochralski-

Methode in Gegenwart von Wasserstoff aus einer Schmelze gezogen wird, das dadurch gekennzeichnet ist, daß der Einkristall bei einem Wasserstoff-Partialdruck von weniger als 3 mbar gezogen wird.

5

Bei Anwendung des Verfahrens entstehen zwar weiterhin Leerstellendefekte im Einkristall und den davon abgetrennten Halbleiterscheiben. Die Bildung von cavities, wie sie von E.Iino et al. beschrieben wurden, wird jedoch nicht beobachtet. Besonders bevorzugt ist ein Wasserstoff-Partialdruck von weniger als 1 mbar. Der Partialdruck sollte während des Ziehens des Einkristalls möglichst konstant gehalten werden, so daß Wasserstoff in der gewünschten Konzentration gleichmäßig im wachsenden Einkristall eingebaut wird. Dabei ist zu berücksichtigen, daß ein Teil des Wasserstoffs aus der Schmelze getrieben wird.

Wird der Einkristall in der vorgeschlagenen Konzentration mit Wasserstoff dotiert, dann gerät dieser beim Abkühlen des wachsenden Kristalls zusammen mit den Leerstellen in Übersättigung. Während die Leerstellen zu voids (Mikrohohlräume) aggregieren, lagert sich der Wasserstoff in die entstehenden oder entstandenen voids ein. Wichtig ist, daß die Wasserstoffkonzentration so niedrig gewählt wird, daß die entstehende Übersättigung nur zu einer Einlagerung in die voids ausreicht, aber nicht für die Bildung eigener Wasserstoffpräzipitate. Die optimale Wasserstoffkonzentration ist abhängig von der Abkühlgeschwindigkeit des wachsenden Kristalls. Beim weiteren Abkühlen verhindert der Wasserstoff in den voids, daß der ebenfalls in Übersättigung geratene Sauerstoff die Innenflächen der voids oxidieren kann. Somit entsteht keine Oxidschicht, die das Auflösen der voids durch thermische Behandlung der aus dem Einkristall gewonnenen Halbleiterscheibe sonst deutlich verzögert. Eine thermische Behandlung der Halbleiterscheibe bei einer Temperatur von ca. 1200 °C für einen Zeitraum von 60 min in einer Atmosphäre, die höchstens nur noch 3 % Wasserstoff enthalten muß, ist daher bereits ausreichend, um die Leerstellendefekte im Bereich des Halbleitermaterials, in dem

elektronische Bauelemente vorgesehen sind, zu beseitigen. In den Fällen, in denen die Halbleiterscheibe während der Herstellung der Bauelemente den geschilderten Bedingungen ohnehin ausgesetzt werden muß, ist es zweckmäßig, auf die thermische Behandlung der Halbleiterscheibe zu verzichten. In den anderen Fällen ist erfindungsgemäß ein Tempersschritt durchzuführen, wobei eine Wärmebehandlung der Halbleiterscheibe in einer Wasserstoff und Argon enthaltenden Atmosphäre bevorzugt ist, besonders bevorzugt eine Wärmebehandlung in einer Atmosphäre, die Argon und 3% Wassertoff enthält. Die Temperatur und die Dauer der Wärmebehandlung sollte vom Ofen abhängig gemacht werden, der benutzt wird. Bei einem mit Lampen beheizten, sogenannten rapid thermal anneal Ofen (Einscheibenprozeß) wird eine Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 1150 bis 1250°C, bevorzugt 1200 °C, und einer Behandlungsdauer von bis zu 60s, bevorzugt 30s, gewählt. Bei Verwendung eines Ofens mit Widerstandsheizung (Batchprozeß) ist eine Temperatur von 1050 bis 1200°C, bevorzugt 1100 °C und eine Behandlungsdauer von bis zu 60min, bevorzugt 30 min zu wählen. In jedem Fall ermöglicht die Erfindung, daß auf ein Tempern der Halbleiterscheibe in einer reinen Wasserstoffatmosphäre und den damit verbundenen Sicherheitsproblemen verzichtet und die Dauer des Temperns deutlich verkürzt werden kann. Die Wärmebehandlung kann auch unter oxidativen Bedingungen stattfinden bzw. mit einem oxidativen Tempersschritt kombiniert werden.

Es ist weiterhin vorteilhaft, das Volumen der Leerstellendefekte möglichst klein zu halten, so daß sie später leichter aufgelöst werden können. Dies gelingt vorzugsweise dadurch, daß der Einkristall beim Ziehen zusätzlich mit Stickstoff dotiert und zwangsweise abgekühlt wird. Eine geeignete Stickstoffkonzentration liegt zwischen  $5 \cdot 10^{12}$  und  $5 \cdot 10^{15}$  atcm<sup>-3</sup>. Vorzugsweise wird die Stickstoffkonzentration zwischen  $1 \cdot 10^{14}$  und  $1 \cdot 10^{15}$  gewählt. Als Dotierstoff eignen sich NH<sub>3</sub> oder Siliciumnitrid, wobei letzteres vorzugsweise in Pulverform oder als nitridbeschichtete Siliciumscheibe der Schmelze zugeführt wird. Zur Kühlung des Einkristalls wird ein vorzugsweise mit Wasser kühlbarer Wärmeschild um den Einkristall angeordnet.

Eine solche Vorrichtung ist beispielsweise in der EP 0 725 169 B1 offenbart. Die Kühlung erfolgt dabei vorzugsweise so, daß der Zeitraum, in dem der gerade gewachsene Einkristall von einer Temperatur von 1050 °C auf eine Temperatur von 900 °C  
5 abkühlt, weniger als 120 min beträgt.

Die erfindungsgemäß hergestellte Halbleiterscheibe eignet sich in besonderem Maße auch als Substratscheibe, auf die eine epitaktische Schicht abgeschieden wird.

**Patentansprüche**

1. Halbleiterscheibe aus Silicium, die mit Wasserstoff dotiert ist, gekennzeichnet durch eine Wasserstoff-Konzentration, die  
5 kleiner ist als  $5 \cdot 10^{16} \text{ atcm}^{-3}$  und größer ist als  $1 \cdot 10^{12} \text{ atcm}^{-3}$ .
2. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe aus Silicium durch Abtrennen der Halbleiterscheibe von einem Einkristall, wobei der Einkristall nach der Czochralski-Methode  
10 in Gegenwart von Wasserstoff aus einer Schmelze gezogen wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Einkristall bei einem Wasserstoff-Partialdruck von weniger als 3 mbar gezogen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der  
15 Einkristall mit Stickstoff dotiert wird, und schließlich eine Stickstoff-Konzentration von  $5 \cdot 10^{12}$  bis  $5 \cdot 10^{15} \text{ atcm}^{-3}$  aufweist.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein gekühlter Wärmeschild um den Einkristall  
20 angeordnet wird, und der Einkristall mit Hilfe des Wärmeschildes gekühlt wird, wobei ein Zeitraum, in dem der Einkristall von einer Temperatur von 1050 °C auf eine Temperatur von 900 °C abkühlt, weniger als 120 min beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterscheibe einer Wärmebehandlung  
in einer Atmosphäre unterzogen wird, die weniger als 3% Wassertoff und Argon enthält.
- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterscheibe einer Oxidationsbehandlung unterzogen wird.

### Zusammenfassung

#### Halbleiterscheibe aus Silicium und Verfahren zur Herstellung der Halbleiterscheibe

5

Gegenstand der Erfindung ist eine Halbleiterscheibe aus Silicium, die mit Wasserstoff dotiert ist. Die Wasserstoff-Konzentration ist kleiner als  $5 \cdot 10^{16} \text{ atcm}^{-3}$  und größer als  $1 \cdot 10^{12} \text{ atcm}^{-3}$ . Gegenstand der Erfindung ist auch ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe aus Silicium durch Abtrennen der Halbleiterscheibe von einem Einkristall, wobei der Einkristall nach der Czochralski-Methode in Gegenwart von Wasserstoff aus einer Schmelze gezogen wird. Der Wasserstoff-Partialdruck beträgt beim Ziehen des Einkristalls weniger als 3 mbar.

15